

# Optimización e influencia de las variables en el blanqueo de la lana con oxidantes y reductores por el método de fulardado-vaporizado

por los Dres. **J. Cegarra** y **J. Gacén**

Instituto de Investigación Textil, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Tarrasa (España)

## 1. Introducción

El presente estudio es una continuación de las investigaciones efectuadas por los autores en el campo del blanqueo de la lana por el método de fulardado-vaporizado (1), (2), (3). Los aspectos que se han pretendido analizar han sido:

1. Determinar una ecuación que relacione las características de la fibra blanqueada con las variables del proceso, para hallar las condiciones óptimas de éste, o sea, obtener el mejor grado de blanco con la mínima degradación de la fibra.

2. Qué posibilidades existen de blanquear la lana por este método, empleando peróxido de hidrógeno en medio alcalino o ácido y bisulfito sódico, a temperaturas superiores a 100° C, a fin de obtener un mejor efecto de blanqueo.

## 2. Planificación de las experiencias y ecuaciones de respuesta

Para poder obtener los valores necesarios que permitiesen el estudio del problema, se han planificado las experiencias de acuerdo con la codificación existente para establecer un plan central compuesto de tipo rotacional (4). Los variables y los niveles del plan aparecen en las tablas I y II.

TABLA I

### Blanqueo con peróxido de hidrógeno

Variables		Niveles				
		-1.682	-1	0	+1	+1.682
Temperatura (°C)	(X <sub>3</sub> )	102	104	107	110	112
Concentración de peróxido de hidrógeno (Vol 0/1)	(X <sub>2</sub> )	5,5	6,5	8	9,5	10,5
Tiempo de vaporizado (min.)	(X <sub>1</sub> )	6	7	8,5	10	11

TABLA II  
Blanqueo con bisulfito sódico

Variables		Niveles				
		-2	-1	0	1	2
Temperatura (°C)	(X <sub>1</sub> )	104	107	110	113	116
Concentración (g/l)	(X <sub>2</sub> )	10	20	30	40	50
pH	(X <sub>3</sub> )	4,5	5	5,5	6	6,5
Tiempo de vaporizado (min.)	(X <sub>4</sub> )	4	6,5	9	11,5	14

Las combinaciones de las variables totalizan veinte experiencias por cada blanco oxidante y treinta y una para el blanqueo reductor.

La ecuación de respuesta ha sido representada bajo la forma de un polinomio de segundo grado, con tres variables para el blanqueo oxidante y cuatro para el reductor. El cálculo de la ecuación de respuesta, el análisis estadístico y el ajuste de la ecuación de respuesta a los valores experimentales se efectuó con un computador UNIVAC 1107, según el programa BMDO 3R (5) para las regresiones lineales múltiples. La determinación del valor óptimo, se efectuó por el método de derivadas parciales (6).

Las ecuaciones de respuesta nos han permitido estudiar la influencia de las variables del proceso, variables independientes, sobre las características de la fibra blanqueada. Como características estudiadas tenemos:

*Blanqueo oxidante:* Grado de blanco (W), Índice de amarillo (Y.I.), Solubilidad alcalina (A.S.), Cistina- cisteína (Cys), Acido cisteínico (A. Cys.), Resistencia Stelometer (R).

*Blanqueo reductor:* Grado de blanco (W), Índice de amarillo (Y.I.), Cisteína (Cs), Resistencia Stelometer (R).

### 3. Experimental

Se empleó peinado de lana merina española de 21  $\mu$ , previamente lavada. Las características fueron:

TABLA III

**Parámetros de lana no tratada**

Solubilidad alcalina (%) . . . . .	13,6
Solubilidad urea-bisulfito (%) . . . . .	25,7
Contenido de cistina-cisteína (%) . . . . .	11,5
Contenido de cisteína (%) . . . . .	0,13
Contenido de ácido cisteico . . . . .	0,22
Grado de blanco (%) . . . . .	48,1
Índice de amarillo (%) . . . . .	51
Resistencia Stelometer en seco (g/tex) . . . . .	11,21
Resistencia Stelometer en húmedo (g/tex) . . . . .	8,86

Como agente oxidante se empleó peróxido de hidrógeno; en el blanqueo en medio alcalino se usó el Estabilizador C como regulador del pH y Mojante RPD como humectante, mientras que en medio ácido se empleó Lufibrol W y Nekanil LN para fines similares.

En el blanqueo reductor se empleó bisulfito sódico R.A. y Mojante RPD, ajustándose el pH con hidróxido sódico y ácido sulfúrico.

La impregnación y escurrido de la materia se efectuó en un fulard y el vaporizado se llevó a término en un dispositivo que consta de una cámara de vaporizado de acero inoxidable para disponer la materia; en cuyo fondo lleva los termopares que permiten efectuar una anotación cada 5 segundos; las paredes de la cámara son agujereadas para permitir el paso del vapor y van provistas de dispositivos de admisión del vapor y salida del condensado. El conjunto de vaporizado tiene una envolvente para ser aislado térmicamente del exterior.

La materia empaquetada se sometió a la acción del vapor durante el tiempo y a la temperatura correspondientes a cada experiencia. Posteriormente se lavó, neutralizó y secó a temperatura ambiente.

Las determinaciones de las diferentes características de la lana blanqueada según hemos indicado, fueron efectuadas con arreglo a los métodos establecidos en trabajos previos (1), (2), (3).

#### 4. Resultados

Los resultados de estos ensayos se muestran en las tablas IV, V y VI.

Al comparar los resultados de las tablas IV y V, puede apreciarse que el efecto de blanqueo conseguido al operar con agua oxigenada en medio ácido, es inferior al logrado en medio alcalino, produciéndose en la lana grados de alteración similares; por ello se desestimó el sistema en medio ácido y no se discutirá posteriormente.

#### 5. Ecuación de respuesta y análisis estadístico

El planteamiento y resolución de una regresión múltiple lineal, con el computador UNIVAC 1107, ha dado los siguientes resultados:

TABLA IV

Blanqueo con peróxido de hidrógeno (medio alcalino)

Ensayo n.º	Tiempo min.	Peróxido de hidrógeno (vol. O/l)	Tempe- ratura (°C)	W		Y. I		Solubilidad alcalina (%)		Cistina-cisteína (%)		Ácido cisteico (%)		Resistencia en húmedo	
				Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.
1	7	6,5	104	35,06	34,67	28,52	27,86	40,5	40,5	10,07	10,10	2,76	2,70	7,90	7,63
2	10	6,5	104	35,11	34,49	29,29	28,86	41,3	40,4	9,62	9,74	3,03	3,13	7,26	7,41
3	7	9,5	104	33,08	32,49	28,25	27,57	44	46,9	9,44	9,54	3,04	3,02	7,60	7,57
4	10	9,5	104	35,07	34,43	32,29	31,10	57,8	58,3	9,13	9,04	3,69	3,56	6,85	6,88
5	7	6,5	110	35,62	35,77	31,41	31,83	40,3	39,2	9,76	9,88	3,10	2,99	7,94	7,84
6	10	6,5	110	37,18	37,42	34,37	34,43	57,7	54,1	9,52	9,44	3,75	3,56	6,66	6,62
7	7	9,5	110	34,76	34,85	30,62	30,23	48,5	48,3	9,23	9,15	4	3,66	7,92	7,70
8	10	9,5	110	38,61	38,61	35,35	35,37	65,6	65,3	8,58	8,58	4,5	4,34	5,80	6,00
9	6	8	107	32,37	32,61	26,94	27,39	40,2	37,9	9,88	9,79	2,86	3,07	7,96	8,16
10	11	8	107	35,19	35,60	31,91	32,50	57,4	59,7	8,96	9,00	3,89	4,00	6,92	6,56
11	8,5	5,5	107	35,76	35,91	30,47	30,48	34,1	37,7	10,07	9,96	2,47	2,51	7,66	7,65
12	8,5	10,5	107	34,62	35,09	30,03	31,02	61	59,1	8,7	8,76	3,15	3,43	7,22	7,08
13	8,5	8	102	32,96	34,16	26,93	28,45	38,3	40,6	9,93	9,84	3,21	3,17	7,10	7,03
14	8,5	8	112	39,0	38,56	35,65	35,32	46,4	53,0	9,23	9,27	3,69	4,06	6,54	6,48
15	8,5	8	107	36,76	35,11	30,85	30,30	46,2	46,5	9,24	9,48	3,69	3,45	7,14	6,57
16	8,5	8	107	34,9	35,11	29,27	30,30	42,9	46,5	9,33	9,48	3,34	3,45	6,44	6,57
17	8,5	8	107	34,34	35,11	30,18	30,30	45,1	46,5	9,52	9,48	3,25	3,45	6,80	6,57
18	8,5	8	107	35,15	35,11	31,24	30,30	51,3	46,5	9,7	9,48	3,42	3,45	6,80	6,57
19	8,5	8	107	34,61	35,11	29,9	30,30	48,4	46,5	9,63	9,48	3,41	3,45	6,36	6,57
20	8,5	8	107	35,17	35,11	30,78	30,30	53,7	46,5	9,45	9,48	3,67	3,45	6,14	6,57

TABLA V

Blanqueo con peróxido de hidrógeno (medio ácido)

Ensayo n.º	Tiempo min.	Peróxido de hidrógeno (Vol. O/l)	Temperatura (°C)	W		Y. I		Solubilidad alcalina (%)		Cistina-Cisteína (%)		Acido cisteico (%)	
				Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.
1	7	6,5	104	40,5	40,5	34,3	35,0	30,4	28,4	9,70	9,87	2,66	2,53
2	10	6,5	104	40,4	40,3	34,7	34,9	39,6	41,8	9,57	9,57	2,92	2,87
3	7	9,5	104	39,3	39,1	34,9	34,4	47,0	51,1	9,25	9,30	2,84	3,02
4	10	9,5	104	40,6	40,7	35,8	35,1	59,4	55,6	8,85	8,87	3,62	3,36
5	7	6,5	110	41,4	40,9	35,8	35,7	35,8	39,8	9,61	9,68	2,82	2,96
6	10	6,5	110	42,1	42	36,5	37,5	64,2	60,3	9,37	9,38	3,46	3,18
7	7	9,5	110	40,2	39,9	36,4	36,4	59,3	57,3	8,78	8,87	3,49	3,43
8	10	9,5	110	43,0	42,7	39,2	39	66,6	68,9	8,56	8,44	3,59	3,63
9	6	8	107	39,3	39,7	34,4	34,5	42,6	40,3	9,97	9,78	2,67	2,53
10	11	8	107	41,9	41,9	37,1	36,5	59,2	61,1	9,09	9,17	2,72	2,99
11	8,5	5,5	107	41,0	41,3	36,7	35,7	41,2	41,1	9,87	9,76	2,86	2,99
12	8,5	10,5	107	40,6	40	36,0	36,4	67,5	67,2	8,49	8,50	3,78	3,78
13	8,5	8	102	39,2	39,2	34,1	34,0	35,1	34,9	9,59	9,46	2,78	2,89
14	8,5	8	112	40,6	41,2	37,9	37,8	55,5	55,5	8,98	8,95	3,43	3,48
15	8,5	8	107	39,7	39,5	35,2	33,6	46,5	45,1	9,57	9,57	3,02	2,96
16	8,5	8	107	41,2	39,5	34,1	33,6	43,8	45,1	9,61	9,57	3,01	2,96
17	8,5	8	107	38,9	39,5	33,0	33,6	41,6	45,1	9,26	9,57	2,86	2,96
18	8,5	8	107	39,9	39,5	32,9	33,6	44,2	45,1	9,44	9,57	2,85	2,96
19	8,5	8	107	39,0	39,5	33,9	33,6	47,3	45,1	9,72	9,57	2,95	2,96
20	8,5	8	107	38,4	39,5	32,7	33,6	47,1	45,1	9,75	9,57	3,10	2,96

TABLA VI

Ensayo n.º	Tempe- ratura (°C)	Bisulfito sódico g/l	pH	Tiempo min.	W		Y. I.		Cisteína (‰)		Resistencia s/tex.	
					Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.	Exper.	Ajust.
1	107	20	5	6,5	38,1	37,9	35,6	35,4	1,15	1,20	8,83	8,93
2	113	20	5	6,5	39,3	38,7	34,3	35,7	1,45	1,20	7,75	7,65
3	107	40	5	6,5	38,3	37,3	33,1	32,7	1,54	1,57	8,33	8,22
4	113	40	5	6,5	37,5	38	34,7	34,2	1,48	1,54	7,61	7,54
5	107	20	6	6,5	37,7	38,1	36	35,9	0,88	0,96	8,37	9,01
6	113	20	6	6,5	39,9	39,5	36,7	35,8	0,79	0,87	7,52	7,70
7	107	40	6	6,5	37,8	38	32,8	32,7	1,39	1,37	9,11	8,88
8	113	40	6	6,5	39,8	39,3	33,6	34	1,27	1,25	8,35	8,18
9	107	20	5	11,5	39,8	40,3	34,7	35,2	1	0,98	8,63	8,94
10	113	20	5	11,5	41,8	40,6	37	36	0,91	1,02	7,05	7,52
11	107	40	5	11,5	39,5	38,9	34,7	34,6	1,49	1,51	8	8,07
12	113	40	5	11,5	39,7	39,1	35,8	36,7	1,65	1,52	7,75	7,25
13	107	20	6	11,5	40,5	39,8	35,3	34,7	0,98	0,92	8,14	8,45
14	113	20	6	11,5	38,8	39	39,9	35,2	0,94	0,87	6,75	7
15	107	40	6	11,5	37,4	38,8	34,3	33,8	1,23	1,49	7,92	8,16
16	113	40	6	11,5	39,6	38,5	36,3	35,6	1,37	1,42	7,18	7,32
17	104	30	5,5	9	37,9	36	34,1	33,9	1,53	1,37	9,70	9,21
18	116	30	5,5	9	38,8	38,6	37,4	36	1,17	1,29	7	7,08
19	110	10	5,5	9	40,2	40	36	35,7	0,67	0,69	8,62	7,72
20	110	50	5,5	9	38,4	39,9	32,9	33,3	1,68	1,60	6,84	7,33
21	110	30	4,5	9	37,7	38,3	34,9	34,6	1,41	1,49	7,84	7,93
22	110	30	6,5	9	38,5	40,5	33,3	33,8	1,29	1,14	8,56	8,06
23	110	30	5,5	4	38,2	38,4	35	35,2	1,14	1,16	8,92	8,97
24	110	30	5,5	14	39,7	40,3	36,6	36,6	1,18	1,10	8,59	8,12
25	110	30	5,5	9	40,1	40,3	37,3	36,6	1,28	1,31	8,88	8,60
26	110	30	5,5	9	39,8	40,3	36,3	36,6	1,25	1,31	7,95	8,60
27	110	30	5,5	9	39,4	40,3	36	36,6	1,40	1,31	9	8,60
28	110	30	5,5	9	40,9	40,3	36,7	36,6	1,21	1,31	8,25	8,60
29	110	30	5,5	9	40,2	40,3	36,8	36,6	1,21	1,31	8,92	8,60
30	110	30	5,5	9	39,7	40,3	37,6	36,6	1,40	1,31	8,63	8,60
31	110	30	5,5	9	40,6	40,3	34,3	36,6	1,44	1,31	8,59	8,60

TABLA VII

Blanqueo con peróxido de hidrógeno (medio alcalino)

Ecuaciones de respuesta y significación de la regresión

Variables dependientes	Símbolo	Término independiente	COEFICIENTES DE REGRESION									
			$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1^2$	$X_2^2$	$X_3^2$	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	F
Grado de blanco	W	7.1672	—9.4392	—10.6506	—11.6699	—16.0164	6.2948	4.9942	23.5585	10.1632	6.9871	7.3223
Indice de amarillo	Y. I.	7.1062	—9.7880	4.3218	—13.0379	—5.6572	7.2554	6.3310	28.0813	8.9019	—7.2541	12.2617
Solubilidad alcalina	S.A.	0.4341	—40.2089	35.6584	—1.3102	45.3024	31.0528	1.3300	37.9907	31.4180	—36.9982	5.8351
Acido cisteico	Ac Cist.	0.8937	—0.9573	—0.7813	—1.5894	1.4419	—7.6323	0.6823	1.2851	0.7435	1.9405	6.1627
Cistina-cisteína	Cist.	0.3829	0.5744	1.2279	—0.5884	—1.3186	—1.8688	0.2988	—1.5000	—0.3611	—0.9722	13.900
Resistencia	R	59.7373	3.9175	—1.1925	—1.1266	0.1270	0.1270	0.0074	—0.0527	—0.0558	—0.0047	6.890

**TABLA VIII**  
**Blanqueo con bisulfito sódico**  
**Ecuaciones de respuesta y significación de la regresión**

	VARIABLES DEPENDIENTES			
	Grado de blanco W	Índice de amarillo Y. I.	Cisteína cs	Resistencia R
Término independiente	10.174	-6.056	0.0347	-137.0684
$X_1$	18.377	10.312	-0.681	2.52183
$X_2$	0.035	-0.997	0.044	-0.55225
$X_3$	6.779	34.903	1.005	7.37606
$X_4$	4.570	-0.944	-0.292	1.12849
$X_1^2$	-8.464	-4.609	0.063	-0.01266
Coeficientes de regresión	$X_2^2$	-0.118	-0.534	-0.041
	$X_3^2$	-139.570	-244.424	1.077
	$X_4^2$	-3.303	-3.147	-0.716
	$X_1X_2$	-0.053	1.065	-0.021
	$X_1X_3$	9.735	-5.556	-1.529
	$X_1X_4$	-1.660	1.841	0.154
	$X_2X_3$	2.212	-1.963	0.200
	$X_2X_4$	-0.773	2.150	0.160
	$X_3X_4$	-31.333	-18.522	3.595
Significación de la regresión	3.1775	3.1574	6.1021	3.370

Tanto por el valor de la significación de la regresión, como por el ajuste de los valores teóricos a los experimentales, véanse tablas IV, V y VI, podemos indicar que en todos los casos ensayados ha sido posible encontrar una ecuación de respuesta que permite determinar el valor de las diferentes variables dependientes, grado de blanco, índice de amarillo, solubilidad alcalina, etc., en función de los parámetros del proceso de blanqueo.

Los resultados del análisis de la superficie de respuesta por el método de las derivadas parciales para localizar la posible existencia de un punto óptimo, máximo o mínimo, pueden apreciarse en las tablas IX y X.

**TABLA IX**  
**Blanqueo con peróxido de hidrógeno**  
**Análisis de la superficie de respuesta**

Variables dependientes	Punto determinado Valor característico	Variables independientes			
		$X_1$ Mín.	$X_2$ Vol. 0/l	$X_3$ °C	
Grado de blanco (%)	Mínimo	33,5	9,90	10,95	99,95
Índice de amarillo (%)	Míni-máx	27,7	7,63	5,92	100,98
Solubilidad alcalina (%)	Míni-máx	35,2	2,94*	6,94	110
Acido cisteico (%)	Míni-máx	2,8	2,92*	9,20	103
Resistencia (húmedo) (9/tex)	Míni-máx	10,3	5,33	2,92*	106,5

fuera del campo experimental

\* Valores fuera del campo experimental.



**TABLA X**  
**Blanqueo con bisulfito sódico**  
**Análisis de la superficie de respuesta**

<i>Variables dependientes</i>	<i>Punto determinado</i> <i>Valor característico</i>		<i>Variables independientes</i>			
			<i>X<sub>1</sub></i> °C	<i>X<sub>2</sub></i> g/l	<i>X<sub>3</sub></i> pH	<i>X<sub>4</sub></i> mín.
Grado de blanco	No existe	—	—	—	—	—
Índice de amarillo	Máximo	36,70	107,8	8,20	5,8	2,27*
Cisteína	No existe	—	—	—	—	—
Resistencia	Máximo	9,49	100	18,2	5,29	9,13

\* Valor fuera del campo experimental.

Los valores de las condiciones operatorias que dan un punto significativo con valores fuera del campo experimental, deben de aceptarse con reserva; por otra parte, los valores de los minimax significan que para unas variables el punto alcanza un valor máximo y para otras mínimo, por lo que no pueden considerarse como muy interesantes desde un punto de vista de su aplicación.

## 6. Discusión y conclusiones

Mediante la aplicación de las ecuaciones anteriores, se ha podido estudiar la evolución de cada una de las variables independientes en los procesos de blanqueo. Los resultados obtenidos pueden sumarse como sigue.

### 6.1. Blanqueo con peróxido de hidrógeno

El aumento de la temperatura de vaporizado por encima de los 120° C tiende a disminuir el efecto de blanqueo, por aumentar los valores de W y Y.I. Ello nos indica que hay que descartar el vaporizado a temperaturas más elevadas para mejorar la calidad del blanqueo. Si se adopta la temperatura de 102° C, la influencia de la concentración del peróxido de hidrógeno sobre el grado de blanco (W), depende del tiempo de vaporizado ya que para 8 minutos, el grado de blanco se mejora al aumentar la concentración del peróxido de hidrógeno, mientras que para 12 minutos sucede lo contrario; por otra parte, el aumento de la concentración de agente oxidante, produce un aumento del grado de amarillo para tiempos de vaporizado comprendidos entre 8-12 minutos; como quiera que ambos fenómenos influyen en la calidad del blanqueo, debe de encontrarse un valor de compromiso. Además, como la concentración de peróxido de hidrógeno tiene una influencia importante sobre el grado de alteración de la fibra, es necesario encontrar un valor que dé el máximo efecto de blanqueo con un grado de alteración aceptable.

La influencia del tiempo de vaporizado a la temperatura de 102° C, depende de la concentración de peróxido de hidrógeno empleada, ya que cuando se usan concentraciones de 6 vol/0/1, el aumento del tiempo de vaporizado de 6 a 12 minutos, aumenta el efecto de blanqueo, mientras que al usar concentraciones más elevadas, si bien se consiguen mejores grados (W), el amarilleamiento de la lana aumenta y el efecto global de blanqueo puede disminuir.

La solubilidad alcalina de la lana blanqueada y el contenido en ácido cisteínico, aumentan al hacerlo la concentración del peróxido de hidrógeno, el tiempo y la temperatura de vaporizado, mientras que el contenido en cistina-cisteína disminuye.

Si consideramos que la lana después de blanqueada debe tener valores de solubilidad alcalina comprendidos entre el 30-40 %, la ecuación correspondiente indica que para la temperatura de vaporizado de 102° C y una concentración de peróxido de hidrógeno de 6 vol/0/litro, obtendremos una solubilidad alcalina del 35 % para 11 minutos de vaporizado, lo cual está de acuerdo con los resultados experimentales.

Como resumen de lo anterior, podemos indicar que para la elección de la concentración de peróxido de hidrógeno y del tiempo de vaporizado se debe buscar un término de compromiso entre el efecto de blanqueo y la alteración de la fibra. Estos valores se sitúan, en el presente trabajo, entre 6-8 vol/0/litro, 11-8 minutos, respectivamente, para una temperatura de vaporizado de 102° C.

Al trabajar dentro de estas condiciones, la resistencia de la fibra no se ve muy influenciada por las variaciones de la variables del proceso.

## 6.2. Blanqueo con bisulfito sódico

El aumento de la temperatura de vaporizado produce una disminución de la calidad del blanco, pues, si bien el índice de amarillo (Y.I.) permanece invariable, el grado de blanco se ve desfavorablemente afectado. Ello hace que no sea posible lograr mejores efectos de blanqueo a temperaturas de vaporizado más elevadas de 100° C. Por otra parte, al aumentar el tiempo de vaporizado a valores superiores a los 6 minutos, se muestra una tendencia a obtener inferiores efectos de blanqueo; no obstante, la influencia de esta variable no es tan acentuada como la de la temperatura. Un aumento de la concentración del bisulfito sódico produce un mejoramiento en el grado de blanco, pero como a su vez origina un aumento en el contenido de cisteína, se considera que un valor de compromiso se encuentra entre los 25-30 gr/l de bisulfito sódico. La variación del pH no se muestra significativa en relación con el efecto del blanqueo. La temperatura de vaporizado ejerce una notable influencia sobre la resistencia de la fibra, disminuyendo ésta a medida que aquélla aumenta. Este conjunto de valores nos indican las condiciones más idóneas para efectuar el blanqueo con bisulfito sódico.

Deducidas las condiciones óptimas de los procesos de blanqueo con peróxido de hidrógeno y bisulfito sódico, nuestros futuros trabajos se orientarán a su aplicación sobre lanas de diferente grado de pigmentación, para buscar los límites de aplicación de este sistema de blanqueo y a su comparación con los métodos convencionales; así como se prevé el estudio del sistema de blanqueo mixto con oxidantes y reductores.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Cegarra, J., Gacén, J. y Ribe, J.: J.S.D.C., **83**, 189-193, 1967.
- (2) Cegarra, J., Gacén, J. y Ribe, J.: J.S.D.C., **84**, 457-460, 1968.
- (3) Cegarra, J., Gacén, J. y Ribe, J.: I.W.T.O., Comité Técnico, París, diciembre 1967.
- (4) Cochram, W. G. y Cox, G. M.: Experimental Designs, Wiley & Sons, p. 342-375.
- (5) Diseon, W. J. y Massey, F. J.: Introduction to Statistical Analysis, McGraw Hill, 1967, p. 257-278.
- (6) Baule, B.: Tratado de Matemáticas Superiores para Ingenieros y Físicos, Labor, Barcelona, 1949.